Aus der Augenklinik
der Evangelischen Krankenanstalten Duisburg - Nord
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Düsseldorf
(Chefarzt : Prof. Dr. med. Gerhard Holland)

SPEKULARMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE HORNHAUTENDOTHELZELLDICHTE NACH CATARACT-OPERATIONEN OHNE UND MIT LINSENIMPLANTATION

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Wilfried Neumann

~~1982~~
1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543909_0057

Aus der Augenklinik
der Evangelischen Krankenanstalten Duisburg - Nord
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Düsseldorf
(Chefarzt : Prof. Dr. med. Gerhard Holland)

SPEKULARMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE HORNHAUTENDOTHELZELLDICHTE NACH CATARACT-OPERATIONEN OHNE UND MIT LINSENIMPLANTATION

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Wilfried Neumann

1982

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Brüster

Referent
gez.: Prof. Dr. Holland

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Grüntzig

Inhaltsverzeichnis
==========

Einleitung	Seite	1
Themenstellung	Seite	4
Einführung in die Problemstellung	Seite	5
Hornhautendothel	Seite	5
Hornhautendothel- Spekularmikroskopie	Seite	7
Klinische Ergebnisse	Seite	11
Praktische Durchführung	Seite	15
Ergebnisse mit Tabellen	Seite	17
Zusammenfassung	Seite	64
Literaturverzeichnis	Seite	65

Einleitung

Die Hornhaut des menschlichen Auges setzt sich zusammen aus dem Epithel, der Bowmanschen Membran, dem Stroma, der Descemetschen Membran und dem Endothel.
Für die Sehfunktion spielt die Transparenz der Hornhaut eine große Rolle, hier wiederum das Hornhautendothel.
Der konstante Wassergehalt der Hornhaut wird durch ein aktives Pumpsystem reguliert, welches sich im Hornhautendothel befindet. Nur durch die ständige Hydration und Dehydration, welche durch Thermoregulation im Gleichgewicht gehalten werden, ist die Transparenz der Hornhaut gewährleistet. (1)
VOGT hat erstmals 1919 am intakten Auge Beobachtungen am Hornhautendothel mittels einer Gullstrand'schen Spaltlampe beschrieben.
Die Untersuchungen stellen auch heute noch das Grundprinzip dar für die in der heutigen Zeit angewandten Verfahren der Hornhautendothel-Spekularmikroskopie. (2 + 3)
Erst im Jahre 1968 gelang es MAURICE, mittels eines von ihm entwickelten Contact-Spekularmikroskopes, basierend auf dem Vogt'schen Prinzip, Endothelzellen beim enukleierten Auge fotografisch zu dokumentieren. (4)
Durch die Weiterentwicklung von LAING et al. 1975 erfuhr die Hornhautendothel-Spekularmikroskopie eine größere Bedeutung für die klinische Anwendung, da jetzt auch eine fotografische Dokumentation am lebenden menschlichen Auge möglich war.(5 - 7)

Die Hornhautendothelmikroskopie kann im klinischen Bereich, neben anderen Anwendungsmöglichkeiten, zur Dokumentation des Endothelzellverlustes bei intraokularen Eingriffen verwendet werden. Verschiedene Methoden der Cataract-Operation und der Implantation von intraokularen Linsen können hinsichtlich der Endothelzellschädigung und -verlustes beurteilt werden.
Hinsichtlich der Verwendbarkeit von Spenderhornhäuten zur Keratoplastik kann als ein wichtiges Kriterium die Endothelzellzahl herangezogen werden, welche mit dem Hornhautendothel-Spekularmikroskop bestimmt wird. (8)
Von RIDLEY wurde erstmals 1949 nach einer extrakapsulären Cataract-Extraction eine intraokulare Linse implantiert. Es handelte sich um eine Linse aus Acryl, die durch die hintere Linsenkapsel, den Glaskörper und die Iris gehalten wurde. Es bestand die Gefahr der Verlagerung in den Glaskörper.

Anfang der fünfziger Jahre wurden verschiedene Formen von Vorderkammerlinsen entwickelt (STRAMPELLI, BIETTI, BARON, SCHARF, SCHRECK u.a.). Diese Vorderkammerlinsen lagen mit ihren Fortsätzen dem Kammerwinkel, der inneren Hornhaut-Peripherie und der Iriswurzel auf. Nach Implantation einer solchen Linse wurde in vielen Fällen eine Keratopathie beobachtet.
Von BINKHORST, EPSTEIN und WORTH wurden dann um 1960 die sogenannten Iris-Clip-Linsen entwickelt, die weitere Verbreitung fanden.

Seit einigen Jahren werden vermehrt nach extracapsulären Cataract-Extractionen Hinterkammerlinsen implantiert, die in verschiedenen Ausführungen angeboten werden. (8 - 12) Bei allen intraokularen Eingriffen läßt es sich nicht vermeiden, daß es zu einem Endothelzellverlust kommt. Besonders bei der Implantation von Iris-Clip-Linsen ist mit einem erhöhten Zellverlust zu rechnen, da ein Kontakt der intraokularen Linse mit dem Hornhautendothel auch bei den heutigen subtilen Operationstechniken nicht immer zu vermeiden ist.

Themenstellung

Das Ziel der Arbeit ist, den Endothelzellverlust der Hornhaut nach Cataract-Operationen mit und ohne Implantation einer Iris-getragenen intraokularen Linse mittels eines Non Contact-Hornhautendothel-Mikroskopes zu bestimmen.

Zusätzlich soll untersucht werden, ob es bei Cataract-Operationen Einflüsse auf das Endothelzellverhalten gibt durch: geschlechtsspezifische Unterschiede,

alpha- Chymotrypsin,

unterschiedliche Linsentypen

(4- Schlingen- Linse nach BINKHORST und Medaillon-Linse nach FECHNER)

rechtes oder linkes Auge.

Einführung in die Problemstellung

Hornhautendothel

Die Hornhautendothelzellen sind, wie VOGT schon 1919 beschrieben hat, einschichtig bei hexagonaler Konfiguration. Ihre Größe beträgt ca. 20-25 µm und ihre Höhe ca. 5µm. Bei Neugeborenen und Jugendlichen zeigen die Endothelzellen eine homogene Morphologie. Es befinden sich ca. 4ooo Zellen pro mm². Im Laufe des Lebens können bis zu 2/3 der Zellen zugrunde gehen, außerdem verlieren die Zellen ihre Homogenität und wirken pleomorph. Die bisher durchgeführten Arbeiten mit dem Spekularmikroskop ergaben beim nicht operierten Auge keine wesentlichen Unterschiede im Vergleich zwischen rechtem und linkem Auge, zwischen Mann und Frau und beim Vergleich verschiedener Hornhautareale. (2,3,13-20,22,23)
Neuere Arbeiten aber berichten von unterschiedlicher Endothelzelldichte in verschiedenen Arealen der Hornhaut. (24,25)
Allgemeingültige Aussagen über die Hornhautendothelzellenzahl, die nötig ist, um die Transparenz der Hornhaut zu gewährleisten, können nicht gemacht werden, da nicht nur die absolute Zellzahl, sondern auch die Morphologie und die Funktionsfähigkeit der Endothelzellen eine Rolle bei der Hornhaut- Transparenz spielen. (26,27)
Von BAIKOFF wurde ein Fall beschrieben, bei dem nach durchgeführter Keratoplastik bei einer Endothelzellzahl von 330 pro mm² die Hornhaut klar geblieben ist. (28)

Über den Heilungsverlauf bei Endothelzellverlust wurden unterschiedlichste Theorien entwickelt.
Die Vorstellungen von HOFFER sind aber als richtungsweisend anzusehen. Seiner Meinung nach haben die Endothelzellen das Bestreben, bei fehlendem Kontakt zur Nachbarzelle sich zu spreizen und zu vergrößern, um so wieder Kontakt zu anderen Endothelzellen zu erhalten. Diese Hypothese erklärt auch die im Alter gefundene Poikilozytose der Endothelzellen. (21)
In den letzten Jahren haben Arbeiten, die mit Organkulturen durchgeführt wurden, gezeigt, daß sich Endothelzellen auch durch Mitose vermehren können. Bei der Heilung von Endothelzelldefekten soll auch der mesodermal growth factor eine Rolle spielen. (32-38)

Hornhautendothel- Spekularmikroskopie

Die Beurteilung von Hornhautendothelzellen kann in vivo durch die sogenannte Vitalfärbung oder aber auch durch die Spekularmikroskopie erfolgen.
Die Vitalfärbung, die mit Trypanblau, Fluorescein oder Bengalrosa durchgeführt wird, hat den großen Nachteil, daß nur über die postoperativen Zellverhältnisse eine Aussage gemacht werden kann. (39,40)
Allgemein hat sich die Spekularmikroskopie durchgesetzt.
Man kann zwischen zwei Typen unterscheiden:

1) Non Contact- Spekularmikroskopie
2) Contact- Spekularmikroskopie
   Nach Tropfanästhesie kommt es zum direkten Kontakt von Mikroskop und Hornhautepithel.

Beide Systeme basieren auf dem selben Grundprinzip, welches VOGT im Jahre 1919 entdeckte. (2,4,5-7,27,29,31,41-51)
(Abb. 1 + 2)

Unterschiede zwischen Non Contact- und Contact- Mikroskopen

1) Bei den Non Contact- Geräten erhielt man einen Flächenausschnitt von über 1 mm² der Hornhautrückfläche.
   Die Contact- Geräte bilden nur eine Fläche von weniger als 1 mm² ab, ausgenommen das Gerät der Firma Keeler.

2) Für den Patienten ist die Non Contact Methode besser zu tolerieren, da keine Oberflächenanaesthesie erforderlich ist und corneale Läsionen vermieden werden.

3) Bei jüngeren Patienten erweist sich die Contact Methode oft wegen der direkten Berührung von Mikroskop und Hornhaut als nicht durchführbar.

4) Sofortige postoperative Untersuchungen bilden mit der Contact Methode wegen der Infektionsgefahr ein Risiko.

5) Peripher gelegene Hornhautareale sind aus technischen Gründen mit dem Non Contact- Gerät besser darstellbar, ebenso lassen sich identische Hornhautstellen leichter wieder auffinden.

6) Das Contact- Gerät eignet sich besonders für morphologische Untersuchungen des Hornhautendothels wegen des größeren Abbildungsfaktors (400 fach).
Dem gegenüber steht eine Vergrößerung von normalerweise 130 bis maximal 250 fach bei den Non Contact- Geräten.

7) Pseudodefekte, welche durch den Tränenfilm verursacht werden, werden bei der Contact- Methode nicht beobachtet.

8) Die Bildqualität ist bei den Contact- Geräten erheblich besser, der Bildausschnitt jedoch geringer.

9) Bisherige Untersuchungen haben keinen wesentlichen Unterschied bei der Bestimmung der Endothelzellzahl zwischen den beiden Methoden feststellen können.

In den letzten Jahren kam es zu Weiterentwicklungen der Hornhautspekularmikroskopie, wie z.B. der Wide field Spekularmikroskopie in Verbindung mit Videosystemen. (52-54)
Ebenso wurden neue Methoden entwickelt, um die Zellzählung zu präzisieren und zu vereinfachen. (55-59)

Auf einem Hornhautendothelfoto lassen sich 4 Schichten erkennen:

1) Helle Schicht (Epithelreflex)
2) Graue Schicht (Epithelreflex)
3) Endothelzellschicht
4) Dunkle Schicht (Vorderkammerreflex)

Abb. 3

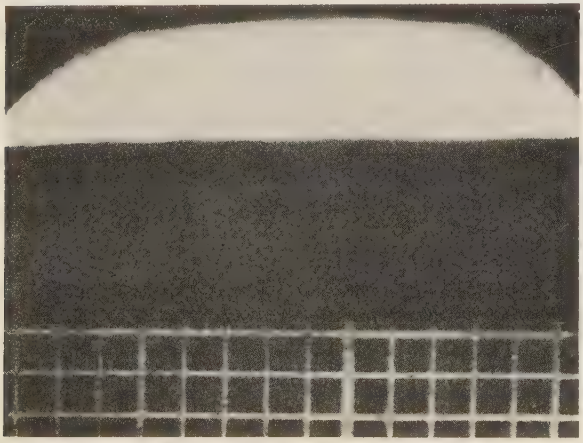


Abb. 1: Schematisierter Strahlengang beim Kontakt-Gerät (Maurice 1968)

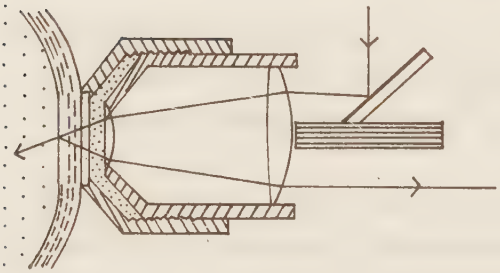
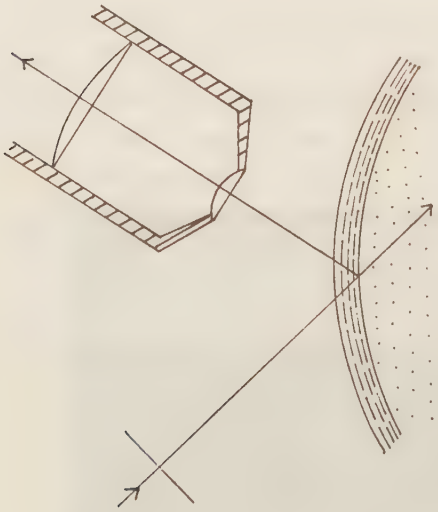


Abb. 2: Schematisierter Strahlengang beim Non-Kontakt-Gerät (Binkhorst et al. 1977)



Klinische Ergebnisse der Hornhaut- Spekularmikroskopie

In den letzten Jahren wurden sehr viele Arbeiten veröffentlicht, die sich mit der Anwendung der Hornhaut-Spekularmikroskopie im klinischen Bereich beschäftigen.

VANNAS et al. stellten beim Kapselhäutchenglaukom zwischen beiden Augen einen Endothelzellzahlunterschied von 5% und beim Posner- Schlossman Syndrom nach einem Schub von 12,2% fest. Während des Tragens von weichen Kontaktlinsen wurden dunkel erscheinende Vakuolen im Endothel festgestellt, die aber beim längeren Nichtgebrauch der Kontaktlinsen reversibel waren. (60-62)
WITTEBOL-POST et al. sind aufgrund ihrer Arbeiten der Meinung, daß die essentielle progressive Irisatrophie und das Chandler-Syndrom wahrscheinlich Hauptmerkmale eines identischen Sydroms sind. (63)
PARDOS et al. fanden, daß kein Unterschied im Endothelzellverhalten zwischen Diabetikern und an Diabetes nicht erkrankten Patienten besteht. (64)
OLSON beschreibt, daß er beim akuten Glaukom Zellverluste von 23,1% bis 68% verzeichnete, und daß ein Verhältnis zwischen Hornhautdicke und Endothelzellverlust besteht. (65)

Bei der akuten anterioren Uveitis wurde kein Zellverlust verzeichnet. (66)

Bei der intracapsulären Cataract- Operation bestand am vierten postoperativen Tag eine Korrelation zwischen Hornhautdicke und Zellverlust. Nach sechs Monaten wurde dieser Zusammenhang nicht mehr gesehen. (67)
Bei jungen Patienten konnte einige Wochen nach einem intraokularen Eingriff beim Vergleich zwischen operiertem und nicht operiertem Auge kein signifikanter Zellverlust gefunden werden. (68)
LEIBOWITZ et al. fanden bei Kaninchenaugen, nachdem sie die Vorderkammer mit Luft aufgefüllt hatten, eine lokale Zerstörung der Endothelzellen. (69)
Ähnliche Versuche führte OLSON bei Katzen durch. Er instillierte Luft in die Vorderkammer, BSS (balanced salt solution), Acetylcholin, Epinephrin, alpha- Chymotrypsin und Carbachol. Nach 2 Monaten konnte nur bei den Tieren, deren Vorderkammer mit Luft gefüllt worden war, ein großer Hornhautendothelzellverlust diagnostiziert werden. In den anderen Fällen waren die Verluste nicht signifikant. (70,71)

BULL et al. beschrieben, daß Epinephrinbitartarat in einer Konzentration von 1:1000 und 1:5000 und Urokinase (2500 U/ml) keinen Endothelzellverlust bewirken. Erst bei höheren Konzentrationen wurden Verluste verzeichnet. (72,73)
Zur Vorderkammerauffüllung wurden von EDELHÄUSER physiologische Kochsalzlösung, Ringerlakat, BSS und Gluthationbikarbonat angewendet. Anschließend wurde untersucht inwieweit es zu einer Zunahme der Hornhautdicke kommt. Bei Gluthationbikarbonat kam es zur geringsten Dickenzunahme. (74)

RAO et al. zeigten in ihren Arbeiten, daß bei Endothelzellen mit ausgeprägtem Pleomorphismus eine verlangsamte Regenerationsfähigkeit bei häufigerer Ödembildung zu bemerken ist.
Wiederum wurde festgestellt, daß es bei zwei Spenderhornhäuten, bei denen das Alter des Spenders unter 10 Jahren lag, nach durchgeführter Keratoplastik, zu einem Anstieg der Endothelzellzahl gekommen ist. Dies deutet nach Ansicht der Autoren darauf hin, daß sich die Endothelzellen, zumindest bei Kindern mitotisch vermehren können. (75-77)
Bei den von RAO et al. durchgeführten Langzeitstudien über 43 Monate wurde das Endothelzellverhalten bei 35 normalen Cataract- Operationen und bei 52 Fällen mit zusätzlich implantierten intraokularen Linsen beobachtet. Hierbei zeigte sich, daß es bei der Linsenimplantation zu einem fortschreitenden Endothelzellverlust gekommen ist, während bei der normalen Cataract- Operation kein zunehmender Zellverlust zu verzeichnen war.
Die Autoren vermuten, daß es durch die Linsenimplantation zu einer sehr milden, chronischen Uveitis kommt, die für den fortschreitenden Zellverlust verantwortlich ist. (78)

BOURNE et al. beschrieben bei Keratoplastiken einen postoperativen Zellverlust von 15,6%, der sich nach einem Jahr nahezu verdoppelte. Untersuchungen nach Implantation einer künstlichen Linse ergaben einen Zellverlust von 62%. (79-84)

SUGAR et al. gaben den Endothelzellverlust bei der Phakoemulsifikation mit 33,8%, bei der intracapsulären Cataract-Operation mit 14,9% und nach Implantation einer intraokularen Linse mit 39,5% an. (85-86)
Von BINKHORST et al. wurden bei der extracapsulären Cataract-Operation, verbunden mit der Implantation einer künstlichen Linse ein Endothelzellverlust von 6,7% angegeben. Der Unterschied zwischen extra- und intracapsulärer Operation betrug bei ihnen 38%.(87)
ABBOTT et al. gaben 6% bei der intracapsulären Methode, 12% bei der Linsenimplantation, 14% bei der Phakoemulsifikation und 21% Zellverlust bei der penetrierenden Keratoplastik an. (88)
GALIN et al. berichteten über einen Zellverlust von 10-15% bei intracapsulären Operationen, und verbunden mit einer Linsenimplantation von 25-30% . (89)
KRAFF et al. fanden bei der Phakoemulsifikation 15,2% und bei der intracapsulären Operation 12,6% Zellverlust, während er nach der Linsenimplantation 15,8 - 20,9% betrug. (90)

Bei HIRST lag der Zellverlust nach intracapsulärem Vorgehen bei 13% und nach Linsenimplantation bei 14%. (91)
Die Angaben von FORSTOT et al. belaufen sich bei der normalen intracapsulären Cataract-Operation auf 8%, bei der Linsenimplantation auf 43,5% Hornhautendothelzellverlust (92)

Bei den implantierten Linsentypen handelte es sich ausschließlich um Iris-getragene Linsen.

Praktische Durchführung der Arbeit

Die Untersuchungen erfolgten an 142 Patientenaugen, bei denen in 94 Fällen eine normale intracapsuläre Cataract-Operation und in 48 Fällen zusätzlich die Implantation einer intraocularen Linse vorgenommen wurde.
In zwei Fällen kam es bei der Extraction der Linse mit dem Kryo-Extractor zum Platzen der Linsenkapsel. Jedoch konnten in beiden Fällen die Linsenreste vollständig entfernt werden.
In 17 Patientenaugen wurde die Medaillon-Linse nach FECHNER und in 31 Augen die 4-Schlingen-Linse nach BINKHORST implantiert.
Bei 89 von 142 Operationen wurde alpha- Chymotrypsin angewendet.
Die Operationen selbst wurden von Operateuren unterschiedlichsten Ausbildungsgrades vorgenommen.
Es wurden bei den Patienten sowohl präoperativ, als auch ca. 3 Wochen bis 3 Monate nach dem intraokularen Eingriff Untersuchungen des zentralen Hornhautendothels vorgenommen.
Die Untersuchungen erfolgten mit dem Non Contact- Endothelmikroskop der Firma Zeiss. Es handelt sich um eine modifizierte Fotospaltlampe mit 8-fachem Mikroskopzusatz für die Endothelmikroskopie mit fotografischer Dokumentation.
Als Film wurde der ILFORD HP 5, 400 ASA verwendet.
Von jedem Patientenauge wurden bei einer 125-fachen visuellen Vergrößerung 3-6 Fotos angefertigt.

Der Negativfilm wurde mit einem transparenten Maßstab vergrößert. Die Vergrößerung erfolgte in der Weise, daß mindestens 100 Endothelzellen zählbar waren.
Durch eine transparente Schablone wurde das auszuwertende Areal genau bestimmt. Anschließend wurden mindestens 100 Zellen ausgezählt. Von jedem Auge wurden mindestens 3 Aufnahmen ausgewertet und der Durchschnitt ermittelt.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf den absoluten und den prozentualen Hornhautendothelzellverlust bei Cataract-Operationen mit und ohne Implantation einer intraokularen Linse. Zusätzlich wurden Vergleiche zwischen Mann und Frau, verschiedenen Linsentypen, und dem rechten und dem linken Auge angestellt.
Außerdem wurde der Einfluß von alpha-Chymotrypsin untersucht und inwieweit eine Abhängigkeit zwischen Zellverlust, Alter und Visus besteht.

Ergebnisse

Bei den 142 präoperativ untersuchten Patientenaugen betrug die durchschnittliche Hornhautendothelzellzahl 2657 pro mm² bei einer Standardabweichung von 465. Der prozentuale Zellverlust betrug 27,31% bei einer Standardabweichung (SD) von 19,4%. Das Patientenkollektiv hatte ein Durchschnittsalter von 69 Jahren. (Tab. 1 a + b)

94 Patientenaugen, bei denen eine Cataract-Operation vorgenommen wurde, wiesen präoperativ eine Zelldichte von 2655 $\pm$ 509 (SD) auf. Nach dem Eingriff wurde ein Zellverlust von 20,5% $\pm$ 15,1% verzeichnet. Das durchschnittliche Alter betrug 68 Jahre. (Tab. 1a)

Vor einer Cataract-Operation, kombiniert mit Implantation einer intraokularen Linse wurde bei 48 Augen eine Endothelzelldichte von 2694 $\pm$ 385 (SD) pro mm² festgestellt. Der postoperative Verlust betrug 40,5% $\pm$ 22,2% (SD). Das Durchschnittsalter betrug 72 Jahre. Die durchgeführten statistischen Untersuchungen beim Vergleich der beiden Patientengruppen zeigten einen signifikanten Unterschied (t-Test, p 0,001 (Tab. 1b)

Der niedrigste Zellverlust nach einer Cataract-Operation wurde bei einem 73-jährigen Mann verzeichnet. Präoperativ betrug die Endothelzelldichte 3185 pro mm² und postoperativ 3136 pro mm² , welche einem Verlust von 1,5% entspricht.

Eine 61-jährige Patientin wies den höchsten Zellverlust mit 59,2% auf, bei einer präoperativen Zelldichte von 2401 pro mm².

Nach Cataract-Operationen mit kombinierter Linsenimplantation betrug die niedrigste Endothelzellverlustrate 3,4%. Es handelte sich um eine 74-jährige Patientin mit einer präoperativen Zelldichte von 2842 pro mm².
Der höchste Zellverlust wurde bei einem 56-jährigen Mann ermittelt. Präoperativ bestand eine Endothelzellzahl von 3112 pro mm², während postoperativ die Zellzahl auf 622 pro mm² abgesunken war. Dies entspricht einem prozentualen Verlust von 80%.
Die niedrigste Endothelzelldichte wurde bei einer 57-jährigen Frau verzeichnet. Nach der Operation betrug die Zelldichte 465 pro mm² bei einem Ausgangswert von 2058 Zellen pro mm². Es handelt sich um einen Verlust von 77,4%. 3 Wochen nach dem intraokularen Eingriff wurde ein Visus von 0,5 bei klarer Hornhaut erreicht.(Abb. 4+5)
Bei den vergleichenden Untersuchungen zwischen männlichen und weiblichen Patientenaugen vor und nach Cataract-Operationen, ergab sich bei den Frauen ein prozentualer Zellverlust von 21,3% $\pm$ 15,05% (SD), bei einem Durchschnittsalter von 69 Jahren. Die Männer wiesen einen Verlust von 19,5% $\pm$ 15,05% (SD) auf, bei einem Durchschnittsalter von 62 Jahren. Es bestand keine statistische Signifikanz. (t-Test, p 0,5). (Tab. 2.a)
Bei der Kombination mit der Implantation einer künstlichen Linse bestand ein Zellverlust am männlichen Auge von 46,1% $\pm$ 19,5% (SD). Das durchschnittliche Lebensalter betrug 69 Jahre. Die entsprechenden Untersuchungen bei den weiblichen Patienten ergab ein Defizit von 36,7% $\pm$ 22,9 (SD),

bei einem Durchschnittsalter von 74 Jahren. (Tab. 2b)
Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant.
(t-Test, p 0,1)
Der Vergleich zwischen rechten und linken Augen nach normaler Cataract-Operation zeigte keine signifikanten Differenzen. (t-Test, p 0,5).
Der Zellverlust betrug am rechten Auge 20,6% ± 15,06% (SD) und links 18,1% ± 17,05% (SD). (Tab. 3)
Bei 57 von 94 Cataract-Operationen wurde alpha-Chymotrypsin angewendet. Diese Patienten zeigten einen Zellabfall von 21,7% ± 14,09% (SD). Die 37 Fälle, bei denen auf alpha-Chymotrypsin verzichtet wurde, wiesen ein Zelldefizit von 18,9% ± 16,3% (SD) auf. Signifikante Unterschiede wurden nicht festgestellt. (t-Test, p 0,05). (Tab. 4a)
In 32 von 48 Fällen wurde bei der mit einer Linsenimplantation kombinierten Cataract-Operation alpha-Chymotrypsin angewendet. Hierbei betrug der Endothelzellverlust 42,7% ± 21,97% (SD). Bei den anderen Patientenaugen wurde ein Endothelzellabfall von 31,7% ± 20,47% (SD) gefunden. (Tab. 4b)
Der Unterschied zwischen beiden Patientenkollektiven erwies sich als statistisch signifikant. (t-Test, p 0,02)
Der Vergleich zwischen der 4-Schlingen-Linse nach BINKHORST und der Medaillon-Linse nach FECHNER ergab, daß nach Implantation einer Medaillon-Linse ein durchschnittlicher Endothelzellverlust von 31,7% ± 22,3% (SD) bestand. Bei der 4-Schlingen-Linse wurde ein Zellabfall von 42,2% ± 22,7% (SD) festgestellt. Es wurden insgesamt 17 Medaillon-Linsen nach FECHNER und 31 4-Schlingen-Linsen nach BINKHORST implantiert.

Die unterschiedlichen Zellzahlen waren statistisch nicht signifikant. (t-Test, p 0,05) (Tab. 5)
Es wurde auch untersucht, inwieweit der Endothelzellverlust einen Einfluß auf das postoperative Sehvermögen hat. Es wurde der Entlassungsvisus, der von unterschiedlichen Untersuchern erhoben wurde, mit dem postoperativen Zellverlust verglichen. Grundsätzlich kann man sagen, daß man vom Endothelzellverlust nicht auf das Sehvermögen schließen kann, sofern eine individuelle unterschiedliche Zellzahl, bei der es zur Hornhautquellung kommt, nicht unterschritten wird. Bei der durchgeführten Untersuchung wurde postoperativ in keinem Fall eine Hornhautdystrophie gesehen. (Abb. 6)
Ein altersabhängiger Hornhautendothelzellverlust nach Cataract-Operation ohne und mit Implantation einer intraocularen Linse konnte nicht gefunden werden. (Tab. 6) (Abb. 7)
Außerdem ergaben die durchgeführten Untersuchungen, daß keine Korrelation zwischen der präoperativen Endothelzelldichte und dem postoperativen Zellverlust besteht. (Tab. 7) (Abb. 8)

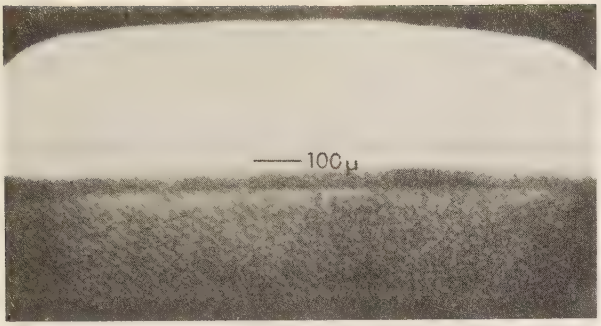


Abb. 4

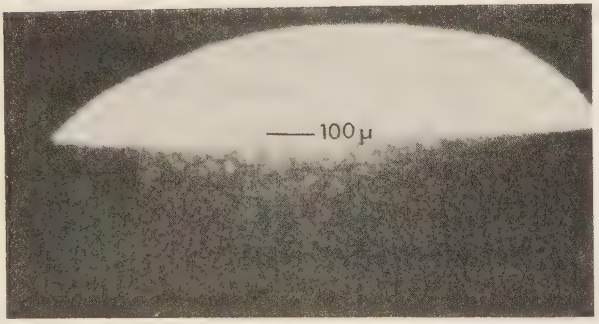


Abb. 5

Abb. 4 + 5 :

57-jährige Patientin, bei der eine Cataract-Operation mit Implantation einer intraokularen Linse durchgeführt wurde. Präoperativ betrug die Hornhautendotheldichte 2058 Zellen pro mm² (Abb. 4), postoperativ 465 Zellen pro mm² (Abb. 5).

Tabelle 1a

Patientenkollektiv, bei dem eine Cataract-Operation vorgenommen wurde.

Legende:
1 - Patientennummer
2 - Name
3 - Geschlecht
4 - Alter
5 - r. = rechtes Auge, l. = linkes Auge
6 - prä- und postoperativer Visus
7 - Methode der Linsenextraktion
8 - alpha- Chymotrypsin
9 - prä- und postoperative Endothelzellzahl pro mm^2
10 - prozentualer Verlust

Tabelle 1a

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
1	M.K.	m	40	l	0,05/0,5	ic,cc	-	2499	2401	4,0
2	M.P.	w	63	l	L+/ 0,6	ic,sc	+	2744	1691	38,4
3	A.K.	w	67	r	0,1/0,4	ic,sc	+	2450	1911	22,0
4	"	w	67	l	0,05/0,4	ic,sc	-	2540	2009	21,1
5	J.L.	w	91	r	0,1/0,5	ic,sc	+	1750	1642	6,2
6	"	w	91	l	L+/0,6	ic,sc	-	1736	1691	2,6
7	G.H.	m	74	r	L+/0,5	ic,sc	+	2254	1984	11,8
8	"	m	74	l	0,1/0,7	ic,sc	-	2009	1911	4,9
9	K.M.	m	73	r	0,05/0,2	ic,sc	+	3185	3136	1,5
10	"	m	73	l	0,05/0,2	ic,sc	+	3170	3063	2,4
11	G.F.	m	73	r	L+/0,7	ic,sc	+	2450	2303	6,0
12	"	m	73	l	0,2/0,6	ic,sc	+	2360	2058	12,8
13	F.H.	m	42	l	0,05/0,2	ic,sc	+	2597	2450	5,7
14	A.S.	w	78	r	0,1/0,4	ic,sc	+	2891	1960	32,2
15	"	w	78	l	0,3/0,4	ic,sc	+	2793	1843	34,0
16	A.K.	w	71	r	0,1/0,5	ic,sc	-	2462	2301	5,2
17	"	w	71	l	0,1/0,4	ic,sc	-	2198	1666	24,2
18	C.J.	w	72	r	L+/0,4	ic,sc	-	3087	1911	38,1
19	"	w	72	l	0,3/0,5	ic,sc	+	3063	2303	24,8
20	K.G.	m	62	r	0,2/0,6	ic,sc	+	2842	1960	31,0
21	"	m	62	l	0,2/0,8	ic,sc	+	30.38	2891	4,4
22	O.S.	m	50	r	0,05/0,7	ic,sc	+	2597	1470	43,4
23	"	m	50	l	0,1/0,5	ic,sc	+	2720	1272	49,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
24	M.R.	w	72	r	0,05/0,3	ic,sc	-	2352	1980	19,6
25	"	w	72	l	0,4/0,5	ic,sc	+	2355	1750	35,7
26	S.S.	w	73	r	0,05/0,5	ic,sc	-	3038	2279	25,0
27	"	w	73	l	0,1/0,6	ic,sc	-	3112	2009	35,6
28	H.K.	m	57	r	0,1/0,4	ic,sc	+	3195	1917	40,0
29	"	m	57	l	0,05/0,4	ic,sc	+	2842	1718	39,5
30	E.K.	w	76	r	0,05/0,1	ic,sc	+	2720	1740	36,0
31	"	w	76	l	0,4/0,5	ic,sc	+	2842	1792	36,1
32	M.L.	w	73	r	0,2/0,5	ic,sc	-	2499	2353	5,9
33	"	w	73	l	L+/0,05	ic,sc		2378	2254	5,2
34	E.R.	w	69	r	0,05/0,1	ic,sc	-	3528	3012	14,7
35	"	w	69	l	0,2/0,2	ic,sc	-	3675	3145	14,5
36	A.A.	w	71	r	0,1/0,4	ic,sc	-	2989	2744	8,2
37	"	w	71	l	0,1/0,5	ec,sc	-	2698	1274	52,8
38	H.W.	m	68	l	L+/1,0	ic,sc	+	3087	2352	23,2
39	L.V.	m	72	r	0,2/0,3	ic,sc	+	3430	2407	38,6
40	"	m	72	l	0,3/0,4	ic,sc	+	3540	3038	14,2
41	H.S.	w	66	r	0,3/0,6	ic,sc	-	2646	2401	9,3
42	"	w	66	l	0,3/0,4	ic,sc	-	2695	2450	9,1
43	E.M.	w	61	r	0,3/0,6	ic,sc	+	2548	1523	39,2
44	"	w	61	l	L+/0,7	ic,sc	-	2450	2251	4,0
45	M.W.	w	80	r	0,2/0,5	ic,cc	-	2499	2009	19,4
46	"	w	80	l	0,2/0,7	ic,sc	-	2793	2498	10,5
47	H.L.	m	70	r	0,1/0,7	ic,sc	+	2695	2353	12,7
48	K.B.	w	84	r	L+/0,05	ec,sc	-	2009	931	53,7
49	"	w	84	l	0,1/0,5	ic,sc	-	2190	1612	26,4
50	A.P.	m	57	r	0,05/0,7	ic,sc	+	2742	1544	45,7
51	"	m	57	l	0,1/0,7	ic,sc	+	2938	2254	23,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
52	W.M.	m	76	r	L+/0,5	ic,sc	+	2450	1617	34,0
53	"	m	76	l	0,1/0,7	ic,sc	+	2254	1635	27,5
54	A.G.	w	71	r	0,1/0,8	ic,sc	+	2646	1862	29,0
55	H.H.	w	50	r	0,4/0,6	ic,sc	+	2352	2254	4,2
56	"	w	50	l	0,3/0,9	ic,sc	+	2450	2355	4,9
57	B.A.	w	72	r	0,3/0,6	ic,sc	-	2377	2303	3,1
58	"	w	72	l	L+/0,7	ic,sc	-	2352	2205	6,8
59	H.W.	w	72	r	0,2/0,4	ic,sc	-	1911	1862	2,6
60	"	w	72	l	0,1/0,4	ic,sc	-	2107	1911	9,3
61	E.S.	w	70	r	0,05/0,5	ic,sc	+	2940	2107	28,4
62	"	w	70	l	0,4/0,7	ic,sc	+	3012	2640	12,4
63	G.S.	m	21	r	L+/0,3	ic,sc	+	2891	2548	21,9
64	T.G.	w	73	r	0,4/0,5	ic,sc	+	2209	2107	4,6
65	"	w	73	l	L+/0,6	ic,sc	+	2158	1764	18,3
66	H.L.	w	75	r	0,1/0,6	ic,sc	-	2793	1911	31,6
67	M.P.	w	95	r	L-/L+	ic,sc	-	2891	2744	3,1
68	M.L.	w	61	r	0,1/0,6	ic,sc	-	2401	980	59,2
69	H.B.	m	46	r	0,3/0,9	ic,sc	+	2475	2356	4,8
70	"	m	46	l	0,2/0,8	ic,sc	+	2376	2254	5,2
71	H.K.	m	80	r	0,1/0,4	ic,sc	-	2309	1530	33,7
72	"	m	80	l	0,3/0,4	ic,sc	-	2009	1176	41,5
73	W.M.	m	70	l	L+/0,7	ic,sc	+	2401	1740	37,5
74	B.B.	m	75	r	0,1/0,5	ic,sc	-	3038	2695	21,3
75	H.T.	m	75	r	L+/0,4	ic,sc	-	2156	2107	2,3
76	"	m	75	l	0,2/0,6	ic,sc	+	2089	1980	5,2
77	B.S.	w	61	r	L+/0,3	ic,sc	+	2401	1519	36,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
78	E.H.	w	78	r	0,1/0,2	ic,sc	+	2744	2673	2,6
79	"	w	78	l	L+/0,3	ic,sc	+	3014	2499	17,1
80	E.M.	w	75	r	L+/0,5	ic,sc	+	2211	2009	9,1
81	"	w	75	l	0,4/0,5	ic,sc	-	2107	1911	9,3
82	P.N.	w	52	r	0,3/0,9	ic,sc	+	2965	1764	40,1
83	"	w	52	l	0,6/0,8	ic,sc	+	2720	2205	18,4
84	F.K.	w	62	r	0,05/0,1	ic,sc	+	2989	2451	18,0
85	"	w	62	l	0,1/0,2	ic,sc	+	2881	2258	11,7
86	J.E.	m	59	r	0,1/0,6	ic,sc	+	2891	2254	22,0
87	H.A.	m	58	r	L+/0,6	ic,sc	+	2818	2744	2,8
88	H.K.	m	50	r	0,1/0,6	ic,sc	+	3189	1862	41,7
89	H.M.	m	61	l	0,3/0,6	ic,sc	+	2515	1887	25,0
90	M.H.	w	72	r	L+/0,5	ic,sc	-	3136	2597	17,2
91	"	w	72	l	0,2/0,4	ic,sc	-	2793	1519	45,6
92	E.L.	w	53	l	L+/1,0	ic,sc	+	3012	2793	7,3
93	G.H.	m	71	r	0,3/0,5	ic,sc	+	3185	2671	16,1
94	"	m	71	l	L+/0,6	ic,sc	+	3092	2401	32,3
Mittelwert			68					2655	2108	20,6

Tabelle 1b

Patientenkollektiv, bei dem eine Cataract-Operation mit kombinierter Linsenimplantation vorgenommen wurde.

Legende: 1 - 10 siehe Tabelle 1a

11 Linsentyp: F = Medaillon-Linse nach FECHNER
B = 4-Schlingen-Linse nach BINKHORST

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11
95	A.B.	w	67	r	0,05/0,7	ic,sc	+	2401	2254	6,1	B
96	D.W.	w	65	r	0,05/0,8	ic,sc	-	2107	1201	47,0	F
97	E.M.	m	64	l	0,1/0,5	ic,sc	-	2111	1568	17,9	B
98	R.H.	m	73	l	L+/0,3	ic,sc	+	2352	907	61,5	B
99	H.A.	w	74	r	0,05/0,3	ic,sc	-	2842	2744	3,4	F
100	A.H.	m	98	r	0,05/0,2	ic,sc	+	2328	1127	51,6	F
101	W.K.	m	54	l	0,4/1,0	ic,sc	+	1372	637	53,6	F
102	G.K.	m	56	r	L+/0,3	ic,sc	+	3112	622	80,0	F
103	H.N.	w	78	r	L+/0,3	ic,sc	+	2107	1795	14,9	F
104	H.B.	m	70	l	0,05/0,5	ic,sc	+	2411	882	63,5	F
105	W.M.	m	74	r	0,3/1,0	ic,sc	+	2744	2499	8,7	F
106	M.D.	w	87	r	0,05/0,6	ic,sc	-	2156	1813	15,9	B
107	E.T.	w	71	r	L+/0,2	ic,sc	-	2965	2475	16,5	F
108	E.P.	m	77	r	L+/0,6	ic,sc	+	3136	1813	42,2	B
109	C.K.	w	71	l	0,1/0,7	ic,sc	-	2499	980	60,8	F
110	F.H.	m	70	l	L+/1,0	ic,sc	+	2842	1862	34,5	F
111	H.S.	m	72	r	0,2/0,7	ic,sc	+	2597	907	65,1	B
112	J.S.	w	95	l	L+/0,5	ic,sc	+	2254	1862	17,4	F
113	M.K.	w	85	r	0,4/0,6	ic,sc	-	2499	784	69,6	B
114	"	w	85	l	0,2/0,7	ic,sc	+	2695	2058	25,6	B
115	A.L.	m	67	r	L+/0,4	ic,sc	+	2744	1223	51,8	B
116	H.D.	w	67	l	0,3/0,8	ic,sc	+	3038	1617	46,8	B
117	M.G.	w	76	r	0,05/0,4	ic,sc	-	3185	1666	47,7	B
118	E.L.	w	70	r	L+/0,5	ic,sc	+	3234	3003	7,2	B
119	H.S.	w	77	r	L+/0,1	ic,sc	+	2692	2156	20,0	B
120	S.H.	w	75	r	L+/0,5	ic,sc	+	2891	1764	39,0	B

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11
121	W.J.	m	60	l	0,05/0,5	ic,sc	-	2646	1813	31,5	B
122	M.K.	w	69	l	L+/0,6	ic,sc	-	2597	1127	56,6	B
123	R.B.	m	75	r	L+/0,2	ic,sc	+	3087	2058	33,4	B
124	M.W.	m	64	r	0,05/0,6	ic,sc	+	2401	1960	18,4	B
125	M.B.	w	76	r	0,05/0,7	ic,sc	-	2450	1519	38,0	B
126	S.G.	w	64	r	L+/0,7	ic,sc	+	2695	1152	57,7	B
127	M.H.	w	72	r	L+/0,6	ic,sc	-	2940	2650	10,2	B
128	B.H.	m	69	l	0,2/1,0	ic,sc	+	2450	1225	50,0	B
129	H.M.	w	78	r	L+/0,5	ic,sc	-	2891	2450	15,3	B
130	H.S.	w	57	l	0,05/0,5	ic,sc	+	2058	465	77,4	B
131	D.S.	w	86	r	L+/0,5	ic,sc	+	2989	822	72,5	B
132	H.M.	m	69	r	L+/0,5	ic,sc	+	2940	1446	50,8	B
133	H.U.	w	70	r	0,05/0,6	ic,sc	-	2401	2205	8,2	B
134	E.K.	w	70	r	L+/1,0	ic,sc	+	3430	1225	64,3	B
135	A.J.	w	65	l	L+/0,7	ic,sc	-	2744	1666	39,3	F
136	G.K.	m	55	r	0,2/1,0	ic,sc	+	2695	956	64,5	F
137	H.K.	w	79	r	L+/0,5	ic,sc	+	2185	833	73,8	B
138	E.E.	w	62	l	0,05/0,5	ic,sc	-	2695	1670	38,µ	F
139	H.H.	m	77	r	L+/0,4	ic,sc	+	3112	2132	31,5	B
140	E.P.	m	70	l	0,05/0,3	ic,sc	+	3102	1960	36,8	F
141	W.B.	m	70	r	0,1/0,4	ic,sc	+	2744	2450	20,7	F
142	K.P.	m	64	r	L+/0,4	ic,sc	+	2940	882	70,0	B
Mittelwert			72					2694	1604	40,5	

Tabelle 2a

Vergleich der Endothelzelldichte bei weiblichen und männlichen Patienten vor und nach Cataract-Operationen

Frauen

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
3	2450	1911	22,0
4	2540	2009	21,1
5	1750	1642	06,2
6	1736	1691	02,6
14	2891	1960	32,2
15	2793	1843	34,0
16	2426	2301	05,2
17	2198	1666	24,2
18	3087	1911	38,1
19	3063	2303	32,8
24	2352	1980	19,6
25	2355	1750	35,7
26	3038	2279	25,0
27	3112	2009	35,6
30	2720	1740	36,0
31	2842	1792	36,1

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
32	2499	2353	05,9
33	2378	2254	05,2
34	3528	3012	14,7
35	3675	3145	14,5
36	2989	2744	08,2
37	2698	1274	52,8
41	2646	2401	09,3
42	2695	2450	09,1
43	2548	1523	39,2
44	2450	2251	04,0
45	2499	2009	19,4
46	2793	2498	10,5
48	2009	931	53,7
49	2190	1612	26,4
54	2646	1862	29,6
55	2352	2254	04,2
56	2450	2355	04,9
57	2377	2303	03,1
58	2352	2205	06,8
59	1911	1862	02,6
60	2107	1911	09,3
61	2940	2107	28,4
62	3012	2640	12,4
64	2303	2157	04,6

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
65	2158	1764	18,3
66	2793	1911	31,6
67	2891	2744	02,8
68	2401	980	59,2
71	2309	1530	33,7
72	2009	1176	41,5
77	2401	1519	36,7
78	2744	2673	02,6
79	3014	2499	17,1
80	2211	2009	09,1
81	2107	1911	09,3
82	2965	1764	40,1
83	2720	2205	18,4
84	2989	2451	18,0
85	2881	2258	11,7
90	3136	2597	17,2
91	2793	1519	45,6
92	3012	2793	07,3
Mittelwert	2603	2048	21,3

Männer

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
1	2499	2401	04,4
2	2744	1691	38,4
7	2254	1984	11,8
8	2009	1911	04,9
9	3185	3136	01,5
10	3170	3063	02,4
11	2450	2303	06,0
12	2360	2058	12,8
13	2597	2450	05,7
20	2842	1960	31,0
21	3038	2891	04,4
22	2597	1470	43,4
23	2720	1372	49,6
28	3195	1917	40,0
29	2842	1718	39,5
38	3087	2352	23,2
39	3430	2407	38,6
40	5340	3038	14,2
47	2695	2353	12,7
50	2742	1544	45,7
51	2938	2254	23,3
52	2450	1617	34,0

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
53	2254	1635	27,5
63	2891	2548	21,9
69	2475	2356	04,8
70	2376	2254	05,2
73	2401	1740	37,5
74	3038	2695	21,3
75	2156	2107	02,3
76	2089	1980	05,2
86	2891	2254	22,0
87	2818	2744	02,8
88	3189	1862	41,7
89	2515	1887	25,0
93	3185	2671	16,1
94	3092	2401	32,3
Mittelwert	2743	2209	19,5

Tabelle 2b

Vergleiche der Endothelzelldichte bei weiblichen und männlichen Patienten vor und nach Cataract-Operationen mit Linsenimplantation

Frauen

Pat.Nr.	Zelldichte/mm²		% Verlust
	vor Op.	nach Op.	
95	2401	2254	06,1
96	2107	1201	47,0
99	2842	2744	03,4
103	2107	1795	14,9
106	2156	1817	15,9
107	2965	2475	16,5
109	2499	980	60,8
112	2254	1862	17,4
113	2499	784	69,6
114	2695	2058	25,6
116	3038	1617	46,8
117	3185	1666	47,7
118	3234	3003	07,2
119	2695	2156	20,0
120	2891	1764	39,0

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
122	2597	1127	56,6
125	2450	1519	38,0
126	2695	1152	57,7
127	2940	2650	10,2
128	2891	2450	15,3
130	2058	465	77,4
131	2989	822	72,5
132	2401	2205	08,2
134	3430	1225	64,3
135	2744	1666	39,3
137	3185	833	73,8
138	2695	1670	38,1
Mittelwert	2690	1702	36,7

Männer

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
97	2911	1568	17,9
98	2352	907	61,5
100	2328	1127	51,6
101	1372	637	53,6
102	3112	622	80,0
104	2411	882	63,5
105	2744	2499	8,7
108	3136	1813	42,2
110	2842	1862	34,5
111	2597	907	65,1
115	2744	1323	51,8
121	2646	1813	31,5
123	3087	2085	33,4
124	2401	1960	18,4
128	2450	1225	50,0
132	2940	1446	50,8
136	2695	956	64,5
139	3112	2132	31,5
140	3102	1960	36,8

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
141	3744	2450	20,7
142	2940	882	70,0
Mittelwert	2552	1479	46,1

Tabelle 3

Vergleich der Endothelzelldichte bei rechten und linken Augen vor und nach Cataract-Operationen

Rechtes Auge

Pat.Nr.	Zelldichte/mm²		% Verlust
	vor Op.	nach Op.	
3	2450	1911	22,0
5	1750	1642	6,2
7	2254	1984	11,8
9	3185	3136	1,5
11	2450	2303	6,0
14	2891	1960	32,2
16	2426	2301	5,2
18	3087	1911	38,1
20	2842	1960	31,0
22	2597	1470	43,4
24	2352	1980	19,6
26	3038	2279	25,0
28	3195	1917	40,0
30	2720	1740	36,0
32	2499	2353	5,9
34	3528	3012	14,7

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
36	2989	2744	8,2
39	3430	2407	38,6
41	2646	2401	9,3
43	2548	1523	39,0
45	2499	2009	19,4
48	2009	931	53,7
50	2742	1544	45,7
52	2450	1617	34,0
55	2325	2254	4,2
57	2377	2303	3,1
59	1911	1862	2,6
61	2940	2107	28,4
64	2209	2107	4,6
69	2475	2356	4,8
71	2309	1530	33,7
75	2156	2107	2,3
78	2744	2673	2,6
80	2211	2009	9,1
82	2965	1764	40,1
84	2989	2451	18,0
90	3136	2597	17,2
93	3185	2671	16,1
Mittelwert	2645	2101	20,6

Linkes Auge

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
4	2540	2009	21,1
6	1736	1691	2,6
8	2009	1911	4,9
10	3170	3063	2,4
12	2360	2058	12,8
15	2793	1843	34,0
17	2198	1666	24,2
19	3063	2303	24,8
21	3038	2891	4,4
23	2720	1372	49,6
25	2355	1750	35,7
27	3112	2009	35,6
29	2842	1718	39,5
31	2842	2792	36,1
33	2378	2254	5,2
35	3675	3145	14,5
37	2698	1274	25,8
40	3540	3038	14,2
42	2695	2450	9,1
44	2450	2251	4,0
46	2793	2498	10,5
49	2190	1612	26,4

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
51	2938	2254	23,3
53	2254	1635	72,5
56	2450	2355	4,9
58	2352	2205	6,8
60	2107	1911	9,3
62	3012	2604	1,4
69	2158	1764	18,3
70	2376	2254	5,2
72	2009	1176	41,5
76	2089	1980	5,2
79	3014	2499	17,1
81	2107	1911	9,3
83	2720	2205	18,4
85	2881	2258	11,7
91	2793	1519	45,6
94	3092	2401	32,3
Mittelwert	2620	2146	18,1

Tabelle 4a

Vergleich der Endothelzelldichte vor und nach Cataract-Operationen ohne und mit Anwendung von alpha- Chymotrypsin

Cat.-Op. mit alpha- Chymotrypsin

Pat.Nr.	Zelldichte/mm²		% Verlust
	vor Op.	nach Op.	
2	2744	1491	38,4
3	2450	1911	22,0
5	1750	1642	6,2
7	2254	1984	11,8
9	3185	3136	1,5
10	3170	3063	2,4
11	2450	2303	6,0
12	2360	2058	12,8
13	2597	2450	5,7
14	2891	1960	32,2
15	2793	1843	34,0
19	3063	2303	24,8
20	2842	1960	31,0
21	3038	2891	4,4
22	2597	1470	43,4
23	2720	1372	49,6

Pat.Nr.	Zelldichte/mm²		% Verlust
	vor Op.	nach Op.	
25	2355	1750	35,7
28	3195	1917	40,0
29	2842	1718	39,5
30	2720	1740	36,0
31	2842	1792	36,1
38	3087	2352	23,2
39	3430	2407	38,6
40	3540	3038	14,2
43	2548	1523	39,2
47	2695	2353	12,7
50	2742	1544	45,7
51	2938	2254	23,3
52	2450	1617	34,0
53	2254	1635	27,5
54	2646	1862	29,6
55	2352	2254	4,2
56	2450	2355	4,9
61	2940	2107	18,4
62	3012	2640	12,4
63	2891	2548	21,9
64	2209	2107	4,6
65	2158	1764	18,3
69	2475	2356	4,8
70	2376	2254	5,2

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
73	2404	1740	37,5
76	2089	1980	5,2
77	2401	1519	36,7
78	2744	2673	2,6
79	3014	2499	17,1
80	2211	2009	9,1
82	2965	1764	40,1
83	2720	2205	18,4
84	2989	2451	18,0
85	2881	2258	11,7
86	2891	2254	22,0
87	2818	2754	2,8
88	1389	1862	41,7
89	2515	1887	25,0
92	3012	2793	7,3
93	3158	2671	16,1
94	3092	2401	32,3
Mittelwert	2722	2131	21,7

Cat.-Op. ohne alpha- Chymotrypsin

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
1	2499	2401	4,0
4	2540	2009	21,1
6	1736	1691	2,6
8	2009	1911	4,9
16	2426	2301	5,2
17	2198	1666	24,2
18	3087	1911	38,1
24	2352	1980	19,6
26	3038	2279	25,0
27	3112	2009	35,6
32	2499	2353	5,9
33	2378	2254	5,2
34	3528	3012	14,7
35	3675	3145	14,5
36	2989	2744	8,2
37	2698	1274	52,8
41	2646	2401	9,3
42	2695	2450	9,1
44	2450	2251	4,0
45	2499	2009	19,4
46	2793	2498	10,5
48	2009	931	53,7

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
49	2190	1612	26,4
57	2377	2303	3,1
58	2352	2205	6,8
59	1911	1862	2,6
60	2107	1911	9,3
66.	2793	1911	31,6
67	2891	2744	3,1
68	2401	980	59,2
71	2309	1530	33,7
72	2009	1176	41,5
74	3038	2695	21,3
75	2156	2107	2,3
81	2107	1911	9,3
90	3136	2597	17,2
91	2793	1519	45,6
Mittelwert	2552	2069	18,9

Tabelle 4b

Vergleich der Endothelzelldichte vor und nach Cataract-Operationen mit Linsenimplantation, ohne und mit Anwendung von alpha- Chymotrypsin

Ohne alpha- Chymotrypsin

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
96	2107	1201	47,0
97	2911	1568	17,9
99	2842	2744	3,4
106	2156	813	15,9
107	2965	2475	16,5
109	2499	980	60,8
113	2499	784	69,6
117	3185	1666	47,7
121	2646	1813	31,5
122	2597	1127	56,6
125	2450	1519	38,0
127	2940	2650	10,2
129	2891	2450	15,3
133	2401	2205	8,2
135	2744	1666	39,3
138	2695	1670	38,1
Mittelwert	2490	1708	31,7

Mit alpha- Chymotrypsin

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
95	2401	2254	6,1
98	2352	907	61,5
100	2328	1127	51,6
101	1372	627	53,6
102	3112	622	80,0
103	2107	1795	14,9
104	2411	882	63,5
105	2744	2499	8,7
108	3136	1813	42,2
110	2842	1862	34,5
111	2597	907	65,1
112	2254	1862	17,4
114	2695	2058	25,6
115	2744	1323	51,8
116	3038	1617	46,8
118	3234	3003	7,2
119	2695	2156	20,0
120	2891	1764	39,0
123	3087	2058	33,4
124	2401	1960	18,4
126	2695	1153	57,7
128	2450	1225	50,0

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
130	2058	465	77,4
131	2989	822	72,5
132	2940	1446	50,8
134	3430	1225	46,3
136	2605	956	64,5
137	3185	833	73,8
139	3112	2132	31,5
140	3102	1960	36,8
141	2744	2450	20,7
142	2940	882	70,0
Mittelwert	2653	1520	42,7

Tabelle 5

Vergleich der Endothelzelldichte nach Implantation einer Medaillon-Linse nach FECHNER und einer 4- Schlingenlinse nach BINKHORST

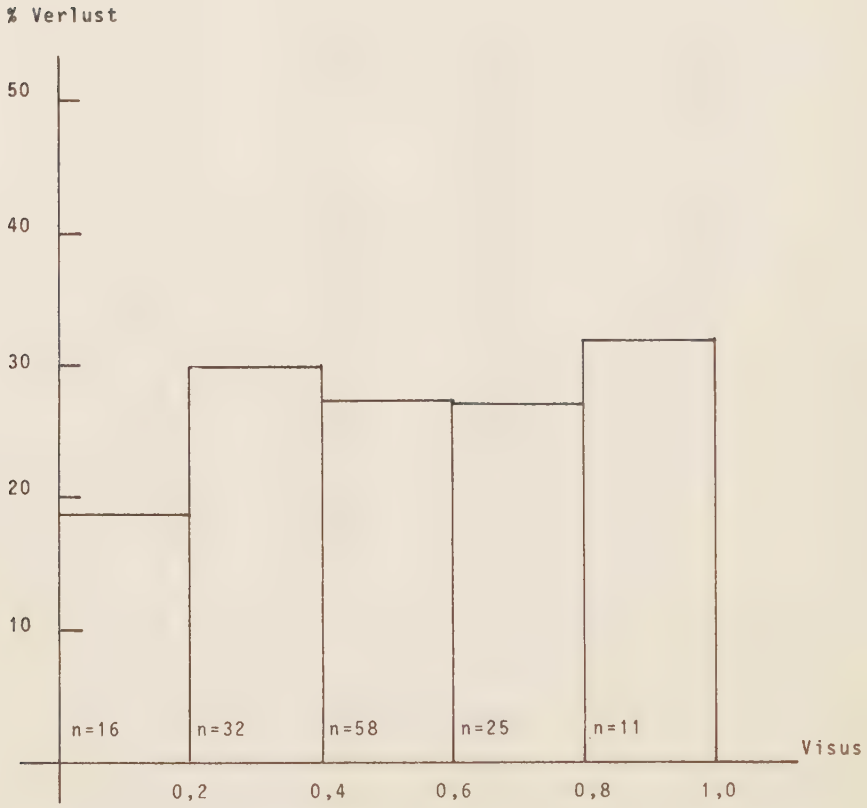
Medaillon-Linse

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
96	2107	1201	47,0
99	2842	2744	3,4
100	2328	1127	51,6
101	1372	637	53,6
102	3112	622	80,0
103	2107	1795	14,9
104	2411	882	63,5
105	2744	2499	8,7
107	2965	2475	16,5
109	2499	980	60,8
110	2842	1862	34,5
112	2254	1862	17,4
135	2744	1666	39,3
136	2695	956	64,5
138	2695	1670	38,1
140	3102	1960	36,8
141	2744	2450	20,7
Mittelwert	2563	1611	37,1

4-Schlingen-Linse

Pat.Nr.	Zelldichte/mm² vor Op.	nach Op.	% Verlust
95	2401	2245	6,1
97	2911	1568	17,9
98	2352	907	61,5
106	2156	1813	15,9
108	3136	1813	42,2
111	2597	907	65,1
113	2499	784	69,6
114	2695	2058	25,6
115	2744	1323	51,8
116	3038	1617	46,8
117	3185	1666	47,7
118	3234	3003	7,2
119	2695	2156	20,0
120	2891	1764	39,0
121	2646	1813	31,5
122	2597	1127	56,6
123	3087	2058	33,4
124	2401	1960	18,4
125	2450	1519	38,0
126	2695	1152	57,7
127	2940	2650	10,2
128	2450	1225	50,0

Pat.Nr.	Zelldichte/mm²		% Verlust
	vor Op.	nach Op.	
129	2891	2450	15,3
130	2058	465	77,4
131	2989	822	72,5
132	2940	1446	50,8
133	2401	2205	8,2
134	3430	1225	64,3
137	3185	833	73,8
139	3112	2132	31,5
142	2940	882	70,0
Mittelwert	2766	1600	42,2



n- Anzahl der Patientenaugen

Abb.6

Vergleich der Hornhautendotheldichte aller Patientenaugen nach Cataract-Operationen ohne und mit Linsenimplantation mit dem postoperativen Visus

Tabelle 6

Vergleich des prozentualen Hornhautendothelverlustes bei verschiedenen Altersgruppen nach Cataract-Operationen ohne und mit Linsenimplantation

	Cataract-Op. ohne i.o. Linse		Cataract-Op. mit i.o. Linse	
Alter	Anzahl	% Verlust	Anzahl	% Verlust
20 - 40	2	13,0	-	-
41 - 60	17	23,5	5	61,4
61 - 70	21	22,5	20	55,8
71 - 80	49	19,6	17	34,2
über 80	5	18,0	6	42,1

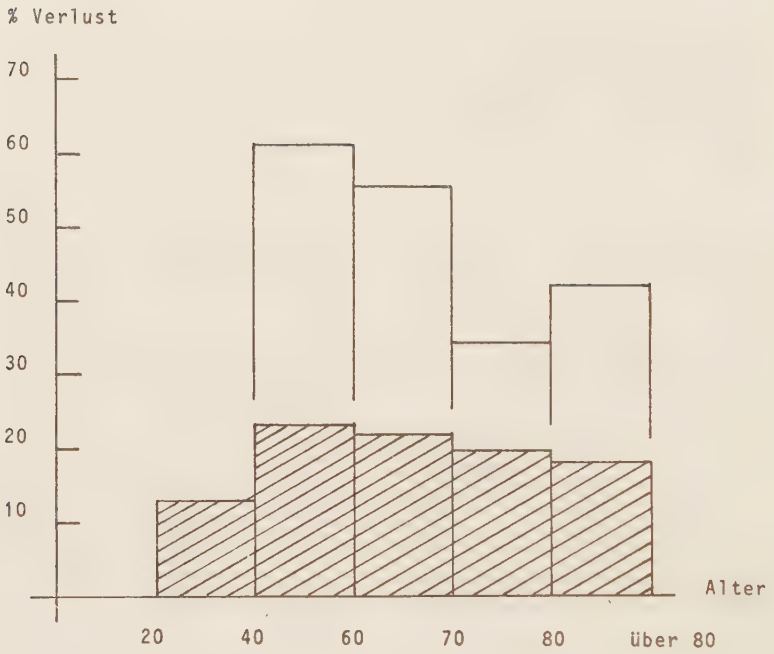


Abb. 7

Vergleich des prozentualen Hornhautendothelzellverlustes bei verschiedenen Altersgruppen nach Cataract-Operationen ohne und mit Linsenimplantation

Tabelle 7

Vergleich des prozentualen Hornhautendothelzellverlustes bei unterschiedlicher präoperativer Zelldichte nach Cataract-Operationen ohne und mit Linsenimplantation

	Cataract-Op. ohne i.o. Linse		Cataract-Op. mit i.o.Linse	
Zellen/mm²/präop.	Anzahl	% Verlust	Anzahl	% Verlust
1000-1500	-	-	1	53,6
1501-2000	3	3,8	-	-
2001-2500	36	17,0	16	38,6
2501-3000	34	25,8	21	39,1
Ober 3000	21	21,1	10	46,4

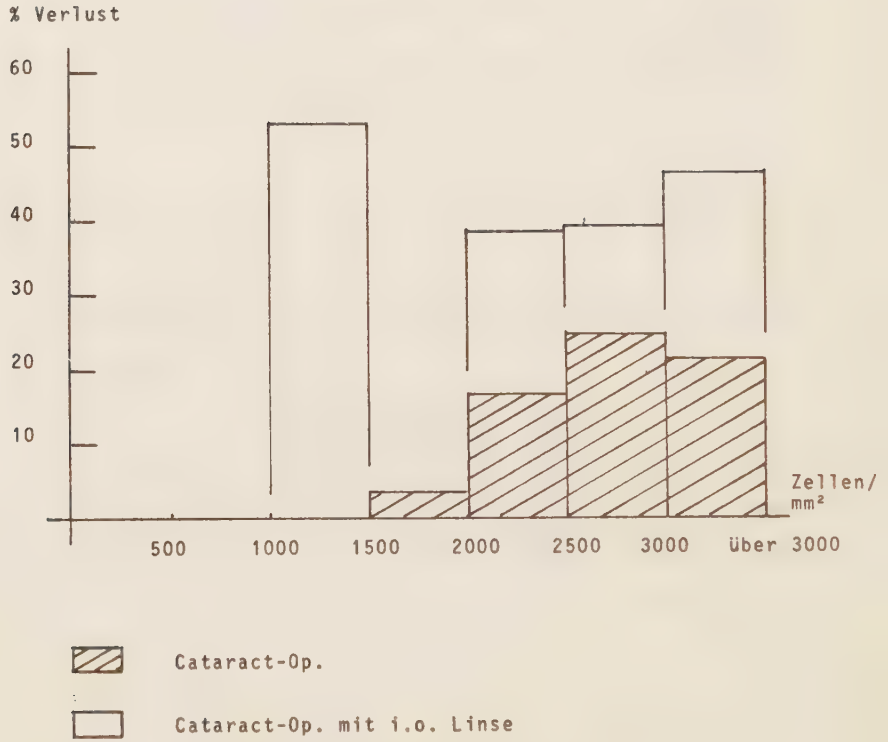


Abb. 8

Vergleich des prozentualen Hornhautendothelzellverlustes bei unterschiedlicher präoperativer Zelldichte nach Cataract-Operationen ohne und mit Linsenimplantation

Diskussion

In der Literatur wurden von verschiedenen Autoren unterschiedliche Endothelzellverlustraten nach Cataract-Operationen ohne und mit Implantation einer intraocularen Linse angegeben. (19,83-92)
Bei der normalen Cataract-Operation schwanken die durchschnittlichen Werte, je nach Autor sehr erheblich. ABBOTT berichtete von 6%, HOFFER von 29,4% Endothelzellverlust. (19,88)
Die vorliegende Untersuchung ergab eine durchschnittliche Verlustrate von 20,5% bei der normalen Cataract-Operation. Bei der Kombination mit einer Linsenimplantation belief sich der Endothelzellverlust auf 40,5%. Besonders bei dieser Operationsmethode werden in der Literatur unterschiedlichste Angaben über die quantitative Endothelzellveränderung gemacht.
BINKHORST verzeichnete einen Zellverlust von 6,7%, während BOURNE eine Verlustrate von 62% beschrieb. (83,87)
Diese Angaben, die zum Teil doch sehr auffällig voneinander abweichen, können durch verschiedene Faktoren verursacht worden sein. Es spielten sicherlich die Größe des Patientenkollektivs und unterschiedliche Auswahlkriterien bei den Patienten eine Rolle. Außerdem ist zu berücksichtigen, ob die Operationen von einem oder von mehreren Operationsteams durchgeführt wurden und wie der technische Ablauf war. Verschiedene Techniken werden angewendet, wie z.B. die sogenannte "Tiefkammertechnik" nach BINKHORST, das Instillieren

von Methylzellulose oder Natrium- Hyaluronsäure in die Vorderkammer, um den Endothelzellverlust zu verringern. Außerdem wird versucht durch Oculopression und medikamentelle Augeninnendrucksenkung eine Endothelzellschädigung zu vermeiden.

Der Typ der künstlichen Linse spielt sicherlich auch beim Endothelzellverhalten eine Rolle. Der Vergleich zwischen der Medaillon-Linse nach FECHNER und der 4-Schlingen-Linse nach BINKHORST hinsichtlich des Endothelzellverhaltens brachte keine statistisch signifikanten Unterschiede.

In der vorliegenden Arbeit wurden die normalen Cataract-Operationen von Operateuren mit unterschiedlichen Erfahrungen durchgeführt.

Bei der Normalpopulation findet sich kein Unterschied in der Endothelzelldichte zwischen Mann und Frau.

Diese Arbeit zeigt, daß nach einer Cataract-Operation ebenfalls kein signifikanter Unterschied besteht. Es ist sicherlich auch nicht von Bedeutung, ob ein linkes oder ein rechtes Auge operiert wird, da der durchschnittliche, postoperative Zellverlust praktisch in beiden Fällen gleich war.

BOURNE hat festgestellt, daß die Endothelzellzahl im Alter abnimmt, jedoch ist dieser Zellverlust bei alten Menschen, wie HOFFER gezeigt hat, sehr unterschiedlich.(19,93)

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben, daß man vom Alter der Patienten nicht auf den operativ verursachten Zellverlust schließen kann. Ebenfalls können von der Hornhautendothelzelldichte keine Rückschlüsse auf das Sehvermögen gezogen werden.
Es erscheint beachtenswert, daß bei Cataract-Operationen mit Linsenimplantation bei Anwendung von alpha- Chymotrypsin ein vermehrter Zellverlust zu verzeichnen ist. Dies läßt sich dadurch erklären, daß alpha- Chymotrypsin auf die Bindungsstellen der Endothelzellen wirkt. Es kommt dann nach traumatischer Einwirkung, wie sie vermehrt bei der Linsenimplantation zu verzeichnen ist, zum Herauslösen der Zellen aus dem Zellverband.
OLSON hat bei Tieren alpha- Chymotrypsin in die Vorderkammer instilliert. Daraufhin stellte er einen Hornhautendothelzellverlust oder eine Zerstörung der Zellen fest. (71)

Trotz unterschiedlicher Ergebnisse gehen alle Autoren davon aus, daß bei einer Linsenimplantation mit einem höheren Endothelzellverlust zu rechnen ist, als bei einer normalen Cataract-Operation. Durch die Manipulationen mit den künstlichen Linsen besteht sicherlich ein erhöhtes Risiko des direkten Kontaktes mit dem Hornhautendothel und der sich daraus ergebenden Zellschädigung.
RAO et al. haben bei einer Langzeitstudie festgestellt, daß bei Patienten, bei denen eine normale Cataract-Operation vorgenommen wurde, die postoperative Endothelzelldichte 3 Jahre lang stabil blieb.

Bei Patienten mit einer künstlichen Linse wurde ein progredienter Zellverlust festgestellt. Die Autoren nehmen an, daß durch die künstliche Linse eine milde chronische Uveitis verursacht wird. (78)
Von BIGAR et al. wurden bei einer Verlaufskontrolle von 16 Monaten nach Linsenimplantation ein weiterer Zellverlust von 5% beschrieben. (94)
Weitere Langzeitstudien sollten durchgeführt werden, um festzustellen, inwieweit sich die Beobachtungen von RAO und BIGAR bestätigen. Vor der Implantation einer künstlichen Linse sollte eine Untersuchung mit dem Hornhautendothel- Spekularmikroskop durchgeführt werden. Es sollte präoperativ eine ausreichende Endothelzelldichte vorhanden sein, da mit einem erhöhten Zellverlust, der in der Folgezeit anscheinend noch zunimmt, zu rechnen ist.
Bei Durchsicht der Krankenakten wurde bei den Patientenaugen mit hohem Zellverlust kein unterschiedliches postoperatives Hornhautverhalten gegenüber den Patienten mit geringem Zellverlust gesehen. Da bei der Implantation einer Iris-Clip-Linse ein Hornhautendothelkontakt nicht immer zu vermeiden ist, scheint die Zukunft der extrakapsulären Cataract-Extraction mit Implantation einer Hinterkammerlinse zu gehören. Bei dieser Operationstechnik, wie sie auch in unserer Klinik angewendet wird, wird das Hornhautendothel weitgehend geschont, da die Vorderkammer immer stehen bleibt, weniger eröffnet wird und die Hornhaut nicht hochgeklappt werden muß. Langzeitstudien werden zeigen, inwieweit die

extracapsuläre Cataract-Extraction mit Implantation einer Hinterkammerlinse einen wahren Fortschritt gegenüber der Iris-Clip-Linse bedeutet.

Zusammenfassung

Bei 142 Patientenaugen wurde mittels eines Hornhautendothel-Mikroskopes vor und nach einer Cataract-Operation ohne und mit Implantation einer Iris- getragenen Linse die Endothelzellzahl bestimmt. Nach normaler Cataract-Operation wurde ein Zellverlust von 20,6% verzeichnet.
Bei zusätzlicher Linsenimplantation verdoppelte sich nahezu der Zellverlust. Er betrug 40,5%.
Vergleiche zwischen rechten und linken Augen, Frauen und Männern und der 4-Schlingen-Linse nach BINKHORST und der Medaillon-Linse nach FECHNER zeigten keine wesentlichen Unterschiede. Es wurden keine Zusammenhänge gefunden zwischen dem postoperativen Visus und dem Zellverlust, der präoperativen Zelldichte und dem postoperativen Zellverlust und zwischen dem Patientenalter und dem Zellverlust. Nach Anwendung von alpha-Chymotrypsin wurde nur nach Linsenimplantation eine erhöhte Zellverlustrate gesehen.

Literaturverzeichnis

1. Maurice, D.M.: The location of the fluid pump in the cornea. J. Physiol. 221: 43-54 (1972)
2. Vogt, A.: Die Sichtbarkeit des lebenden Hornhautendothels im Lichtbüschel der Gullstrandschen Spaltlampe. Klin. Mbl. Augenheilkd. 63: 233-234 (1919)
3. Vogt, A.: Lehrbuch und Atlas der Spaltlampenmikroskopie des lebenden Auges. Berlin: Springer (1930) 30-35
4. Maurice, D.M.: Cellular membrane activity in the corneal endothelium of the intact eye. Experientia 24: 1094-1095 (1968)
5. Laing, R.A., Sandstrom, M.M., Leibowitz, H.M.: In vivo photomicrography of the corneal endothelium. Arch. Ophthalmol. 93: 143-145 (1975)
6. Laing, R.A., Sandstrom, M.M., Leibowitz, H.M.: Clinical specular microscopy. Arch. Ophthalmol. 97: 1714-1719 (1979)
7. Laing, R.A., Sandstrom, M.M., Leibowitz, H.M.: Clinical specular microscopy. Arch. Ophthalmol. 97: 1720-1725 (1979)
8. Fechner, P.U.: Intraokularlinsen. Bücherei des Augenarztes, Heft 82. Stuttgart: Enke (1980)

9. Bourne, W.M., Kaufman, H.E.: Cataract extraction and the corneal endothelium. Am.J. Ophthalmol. 82: 44-47 (1976)

10. Holland, G.: Ergebnisse nach Vorderkammerimplantation. Ophthalmologica 148: 355-364 (1964)

11. Barthelmess, G.: Mechanische Gesichtspunkte bei Keratopathia post implantationem. Ber. 62 Zusammenkunft Dtsch. Ophthal. Ges. Heidelberg, S. 243 (1959)

12. Binkhorst, C.D.: Über die endgültige Verträglichkeit künstlicher Augenlinsen bei einer Aphakie und deren Verbesserung mittels Fixation der Linse in der Pupille ("Pupillarlinse" oder "Iris-Clip-Linse").

13. Laing, R.A., Sandstrom, M.M., Berrospi,A.R., Leibowitz,H.M.: Changes in the corneal endothelium as a function of age. Exp. Eye Res. 22: 587-594 (1976)

14. Irvine, A.R., Irvine JR.,A.R.: Variations in normal human corneal endothelium. Am.J. Ophthalmol. 36: 1279-1285 (1953)

15. Laule, A., Cable, M.K., Hoffmann, C.E., Hanna, C.: Endothelial cell population changes of human cornea during life. Arch. Ophthalmol. 96: 2031-2035 /1978)

16. Blackwell, W.L., Gravenstein, N., Kaufman , H.E.: Comparison of central corneal endothelial cell numbers with peripheral areas. Am. J. Ophthalmol. 84: 473-76 /1977)

17. Sturrock, G.D., Sherrard, E.S., Rice, N.S.C.: Specular microscopy of the corneal endothelium. Br. J. Ophthalmol. 62: 8o9-814 (1978)

18. Blatt, H.L., Rao, N.G., Aquavella, J.V.: Endothelial cell density in relation to morphology. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 18: 856-859 (1979)

19. Hoffer, K.J., Kroff, M.C.: Normal endothelial cell count range. Ophthalmology. 87: 861-866 (1980)

20. Hoffer, K.J.: Vertical endothelial cell disparity. Am. J. Ophthalmol. 87: 344-349 (1979)

21. Hoffer, K.J., Phillippi, G.: A cell membrane theory of endothelial repair and vertical cell loss after cataract surgery. Am. Intraoc. Implant Soc. 4: 18 (1978)

22. Capella, J.A., Kaufman, H.E.: Human corneal endothelium. Doc. Ophthalmol. 26: 1-8 (1966)

23. Rao, N.G., Shaw, E.L., Arthur, E., Aquavella, J.V.: Morphological appearance of the healing corneal endothelium. Arch. Ophthalmol. 96: 2o27-2o3o (1978)

24. Azen, S.P., Smith, R.E., Burg, K.A., Reinig, J.: Variation in central and vertical corneal endothelial cell density in normal subjects. Acta Ophthalmol. 59: 94-99 (1981)

25. Schimmelpfennig, B.: Inhomogene Verteilung des Korneaendothels. Klin. Mbl. Augenheilk. 180: 350-351 (1982)

26. Bigar, F.,Schimmelpfennig, B., Gieseler, R.: Routine evaluation of endothelium in human donor corneas. Graefes Arch, Clin Exp Ophthalmol. 200: 195-200 (1976)

27. Welt, R., Doden, W.: Hornhautendothel-Spekularfotografie Z. prakt. Augenkeilkd. 2:219-229 (1981)

28. Baikoff, G., Colin, J.: Keratoplastie perforante et cristallin artificaiel incidence sur la population cellulaire endotheliale. J. Fr. Ohthalmol. 3: 257-262 (1980)

29. Hartmann, C.: Die indirekte Spiegelmikroskopie. Ophthalmologica(Basel) 183: 177-186 (1981)

30. Schimmelpfennig, B., Bigar, F., Witmer, R., Hürzeler, R.: Endothelial changes in human donor corneas. Graefes Arch. Clin Exp Ophthalmol. 200: 201-210 (1976)

31. Bigar, F., Witmer, R., Thaer, R.: Die Spiegelmikroskopie des Hornhautendothels. Klin. Mbl. Augenheilk. 173: 691-696 (1976)

32. Capella, J.A.: Regeneration of endothelium in deseased and injured corneas. Am.J. Ophthalmol. 74: 810-819 (1972)

33. Van Horn, D.L., Hyndiuk, R.A.: Endothelial woud repair in primate cornea. Exp. Eye Res. 21: 113-124 (1975)

34. Doughman, D.J., Van Horn, D., Rodman,W.P., Byrnes,P., Lindstrom,R.L.: Human corneal endothelial layer repair during organ culture. Arch. Ophthalmol. 94: 1791-1796 (1976)

35. Squires, E.L., Virginia, M.A., Weimar, L.: Stimulation of repair of human corneal endothelium in organ culture by mesodermal growth factor. Arch. Ophthalmol. 98: 1462-1466 (1980)

36. Alvarado, J.A., Gospodarowicz, D., Greenburg, G.: Corneal endothelial replacement. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 21: 300-316 (1981)

37. Rahi, A.H.S., Robins, E.: Human corneal endothelial cell repair in health and desease. Trans. Ophthalmol. Soc. U.K. 101: 30-34 (1981)

38. Schwartz, B.D., Mc Culley,J.P.: Morphology of transplanted corneal endothelium derived from tissue culture. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 20: 467-480 (1981)

39. Norn, M.S.: Vital staining of corneal endothelium in cataract extraction. Acta Ophthalmol. 49: 725-733 (1971)

40. Norn, M.S.: Peroperative trypan blue vital staining of corneal endothelium. Acta. Ophthalmol. 58: 550-555 (1980)

41. Bourne, W.M., Enoch, J.M.: Some optical principles of the clinical specular microscope. Invest. Ophthalmol. 15: 29-32 (1976)

42. Sundmacher,R., Müller, O.: Spaltlampenmikroskopie des Hornhautendothels im Spiegelbezirk. Ber. Dtsch. Ophthalmol. Ges. 77: 943-950 (1980)

43. Binkhorst,C.D., Loones,L.H.,Nygaard,R.: The clinical specular microscope. Doc. Ophthalmol. 44: 57-75 (1977)

44. Olsen,T.: Non- con tact specular microscopy of human corneal endothelium. Acta Ophthalmol. 57: 986-997 (1977)

45. Mc Carey,B.E., Noncontact specular microscopy. Ophthalmology 86: 1848-1860 (1979)

46. Price,N.C., Cheng,H.: Contact and noncontact specular microscopy Br.J. Ophthalmol. 65: 568-574 (1981)

47. Sherad,E.S., Buckley,R.J.: Clinical specular microscopy of the corneal endothelium. Trans. Ophthalmol. Soc. U.K. 101: 156-162 (1981)

48. Grabner,G.: Über die Spiegelmikroskopie des Hornhaut-endothels Klin. Mbl. Augenheilkd. 178: 473-479 (1981)

49. Bourne,W.M.: Examination and photography of donor corneal endothelium. Arch. Ophthalmol. 94: 1799-1800 (1976)

50. Bourne,W.M., Mc Carey,B.E., Kaufman,H.E.: Specular microscopy. Tr. Am. Acad. Ophth. and Otol. 81: 743-753 (1976)

51. Grignolo,F.M., Malinverni,W., Goggi,G.: Microscopia Speculare Min. Oftalm. 21: 271-282 (1979)

52. Koester,C.J., Roberts,C.W., Donn,A., Hoefle,F.B.: Wide field specular microscopy. Ophthalmology 87: 849-860 (1980)

53. Roberts,C.W., Rosshothen,H.D., Koester,C.J.: Wide field specular microscopy of excised donor corneas. Arch. Ophthalmol. 99: 881-883 (1981)

54. Roberts,C.W., Koester,C.J.: Video with wide-field specular microscopy. Ophthalmology 88: 146-149 (1981)

55. Olsen,T.: Optical principles for estimation of endothelial coll density with the non-contact specular microscope Acta Ophthalmol. 57: 858-867 (1979)

56. Binder,P.S., Akers,P., Zavala,E.Y.: Endothelial cell density determined by specular microscopy and scanning electron microscopy. Ophthalmology 86: 1831-1847 (1979)

57. Hoover,G.S., Mc Auliffe,K.M.: A system for counting endothelial cells from transparencies and negatives. Am.J. Ophthalmol. 88: 260-261 (1980)

58. Waring,G.O., Krohn,M.A., Ford,G.E., Harris,R.R., Rosenblatt,L.S.: Four methods of measuring human corneal endothelial cells from specular photomicrographs. Arch. Ophthalmol. 98: 848-855 (1980)

59. Schutten,W.H., Schultz,R.O.: A new method for determing corneal endothelial cell density from specular photomicrographs. Arch. Ophthalmol. 98: 552-553 (1980)

60. Vannas,A., Setälä,K., Kuusuvaare,R.: Endothelial cells in capsular glaucoma. Acta Ophthalmol. 55: 951-958 (1977)

61. Setälä,K., Vannas,A.: Endothelial cells in the glaucomatocyclitic crisis. Adv. Ophthalmo. 59: 552-559 (1981)

62. Vannas,A., Jukka,M., Jukka,S. Reizo,A., Esko,J.: Contact lens induced transient changes in corneal endothelium. Acta Ophthalmol. 59: 552-559 (1981)

63. Wittebol-Post,D., Van Bijsterveld,O.P.: Essential progressive iris atrophy. Ophthalmologica (Basel) 178: 303-310 (1979)

64. Pardos,G.J., Krachmer,J.H.: Comparison of endothelial cell density in diabetics and control population. Am.J. Ophthalmol. 90: 172-174 (1980)

65. Olsen,T.: The endothelial cell damage in acute glaucoma, on the corneal thickness response to intraocular pressure. Acta Ophthalmol. 58: 257-266 (1980)

66. Olsen,T.: Changes in the corneal endothelium after acute anterior uveitis as seen with the specular microscope. Acta Ophthalmol. 58: 257-255 (1980)

67. Olsen,T.: Corneal thickness and endothelial damage. Acta Ophthalmol. 58: 414-433 (1980)

68. Olsen,T.: The endothelial cell density after cataract surgery in young patients. Acta Ophthalmol. 59: 242-246 (1981)

69. Leibowitz,H.M., Laing, R.A., Sandstrom,M.: Corneal endothelium. Arch. Ophthalmol. 92: 227-230 (1974)

70. Olson,R.J.: Air and the corneal endothelium. Arch. Ophthalmol. 98: 1283-1284 (1980)

71. Olson,R.J.: Kolodner,H., Riddle,P.,Escapini,H.: Commonly used intraocular medications and the corneal endothelium. Arch- Ophthalmol. 98: 2224-2226 (1980)

72. Hull,D.S., Chemotti,M.T., Edelhauser,H.F., Van Horn,D.L., Hyndiuk,R.: Effect of epinephrine on the corneal endothelium. Am. J. Ophthalmol. 79: 245-250 (1975)

73. Hull,D.S., Green,K.: Effect of urokinase in corneal endothelium. Arch. Ophthalmol. 98: 1285-1286 (1980)

74. Edelhauser,H.F., Van Horn,D.L., Schulz,R.O.,Hyndiuk,R.A.: Comparative toxity of intraocular irrigating solutions on the corneal endothelium. Am.J. Ophthalmol. 81: 473-481 (1976)

75. Rao,N.G., Stevens,R.E., Mandelberg,A.I., Aquavella,J.V.: Morphologic variations in graft endothelium. Arch. Ophthalmol. 98: 1403-1406 (1980)

76. Rao,N.G., Aquavella,J.V.: Peripheral recipient endothelium following corneal transplantation. Ophthalmology 88: 50-55 (1981)

77. Rao,N.G., Waldron,W.R., Aquavella,J.V.: Morphology of graft endothelium and donor age. Br. J. Ophthalmol. 64: 523-527 (1980)

78. Rao,N.G., Stevens,R.E., Harris,J.K., Aquavella,J.V.: Long-term changes in corneal endothelium following intraocular lens implantation. Ophthalmology 88: 386-397 (1981)

79. Bourne,W.M.,Kaufman,H.E.: The endothelium of clear corneal transplants. Arch. Ophthalmol. 94: 1730-1732 (1976)

80. Bourne,W.M., O'Fellon,W.M.: Endothelial cell loss during penetrating keratoplasty. Am. J. Ophthalmol. 85: 760-766 (1978)

81. Bourne,W.M.: Reduction of endothelial cell loss during phakic penetrating keratoplasty. Am. J. Ophthalmol. 89: 787-799 (1980)

82. Bourne,W.M.: One-year observation of transplanted human corneal endothelium. Ophthalmology. 87: 673-679 (1980)

83. Bourne,W.M., Kaufman,H.E.: Endothelial damage associated with intraocular lenses. Am.J. Ophthalmol. 81: 482-485 (1976)

84. Bourne,W.M., Waller,R.R., Liesegeng,T.J., Brubaker,R.F.: Corneal trauma in intracapsular and extracapsular cataract extraction with lens implantation. Arch. Ophthalmol. 99: 1375-1376 (1981)

85. Sugar,J., Mitchelson,J., Kraff,M.: The effect of phacoemulsification on corneal endothelial cell density. Arch. Ophthalmol. 96: 473-478 (1978)

86. Sugar,J., Kraff,M.: Endothelial trauma and cell loss from intraocular lens insertion. Arch. Ophthalmol. 96: 449 (1978)

87. Binkhorst,C.D., Nygaard,P., Loones,L.H.: Specular microscopy of the corneal endothelium and lens implant surgery. Am.J. Ophthalmol. 85: 597-605 (1978)

88. Abbott,R.L., Forster,R.K.: Clinical specular microscopy and intraocular surgery. Arch. Ophthalmol. 97: 1476-1479 (1979)

89. Galin,M.A., Lin,L.L., Fetherolf,E., Obstbaum,S.A., Sugar,A.: Time analysis of corneal endothelial cell density after cataract extraction. Am.J. Ophthalmol. 88: 93-96 (1979)

90. Kraff,C.M., Sandres,D.R., Lieberman,H.L.: Specular microscopy in cataract and intraocular lens patients. Arch. Ophthalmol. 98: 943-946 (1980)

91. Hirst,L.W., Snip.,R.C., Stark,W.J., Maumenee,A.E.: Quantitative corneal endothelial evalution in intraocular lens implantation and cataract surgery. Am. J. Ophthalmol. 84: 775-780 (1977)

92. Forstot,S.L., Blackwell,W.L., Jaffe,N.S., Kaufman,H.E.: The effect of intraocular lens implantation on the corneal endothelium. Tr. Am. Acad. Ophthalm. and Otol. 83: 195-203 (1977)

93. Bourne,W.M., Kaufman,H.E.: Specular microscopy of human corneal endothelium in vivo. Am. J. Ophthalmol. 81: 319-323 (1976)

94. Bigar,F., Huber,Ch.: Hornhautendothelveränderungen nach Implantation iridokapsulärer Linsen. Klin. Mbl. Augenheilkd. 180: 441-446 (1982)

Herrn Prof. Dr. G. Holland danke ich
für die Überlassung des Themas, die
sehr guten Arbeitsmöglichkeiten und
die sehr hilfreichen Diskussionen.

Herrn Dr. Ömer Faruk Yilmaz danke ich
besonders für die sehr große Hilfs-
bereitschaft und die stete Unterstützung
bei der Erstellung der Arbeit.

Lebenslauf

Ich, Wilfried Neumann, wurde am 21.10. 1947 in Kettwig geboren. Meine Eltern sind Erich Neumann, Sparkassenbeamter, gestorben 1969, und seine Ehefrau Ida, geb. Bartel.
Nach Besuch der Volksschule und des Staatl. Gymnasiums in Moers legte ich im November 1966 die Reifeprüfung ab. Anschließend war ich 2 Jahre als Zeit-Soldat bei der Bundeswehr.
An der Justus-Liebig-Universität in Gießen studierte ich von 1969 - 1974 Veterinärmedizin bis zur Erlangung der Approbation.
In der Folgezeit studierte ich bis 1979 Humanmedizin in Gießen. 1979 erhielt ich die Approbation zum Humanmediziner.

Seit 1980 bin ich Assistenzarzt in der Augenklinik der Evgl. Krankenanstalten Duisburg-Nord, Chefarzt Prof. Dr. G. Holland.
Ich bin seit 3 Jahren verheiratet und habe eine 2-jährige Tochter.